Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 115-127

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۲۷-۱۱۵

وضعیت ماده آلی خاک در توده‌های جنگلی ارسباران

حسین رضائی[1]*- علی‌اصغر جعفرزاده[2]- احمد علیجانپور[3]- فرزین شهبازی[4]- خلیل ولیزاده‌کامران[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۳/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۶

چکیده

با توجه به نقش‌های مهم ماده آلی خاک در اکوسیستم، ضروری است که وضعیت آن در شرایط مختلف محیطی مورد بررسی قرار گیرد. بر این اساس مطالعه حاضر در زیر حوضه کلیبرچای سفلی از جنگل‌های ارسباران با مطالعه پنج خاکرخ شاهد در بخش‌های محیطی متمایز شده برمبنای توزیع تیپ‌های جنگلی در امتداد یک نیمرخ ارتفاعی انجام شد. ضمن تجزیه‌های مرسوم خاک، شناسایی نوع آن و مطالعه وضعیت ماده آلی، به‌عنوان هدف اصلی تحقیق، با بررسی مقدار ماده آلی خاک، توان ترسیب کربن آلی آن و مطالعه میکرومرفولوژیک شکل‌های بقایای آلی تکمیل گردید. نتایج بیان‌گر تغییر نوع خاک از انتی‌سول، اینسپتی‌سول و آلفی‌سول به مالی‌سول با کاهش ارتفاع بود. در روندی مشابه، همگام با افزایش تکامل خاک میزان ترسیب کربن آلی آن نیز افزایش یافت امّا مقدار ماده آلی روندی عکس به‌دلیل نوع فرآیندهای دخیل در تجزیه بقایا در نواحی مختلف نشان داد. با توجه به امکان روی دادن انواع فرآیندهای فیزیکی و بیوشیمیایی تحت شرایط مختلف محیطی، در نواحی مرتفع شکل‌های دست‌نخورده بقایای آلی به‌عنوان شکل غالب شناخته شدند امّا با کاهش ارتفاع غالبیت در اختیار شکل‌های کاملاً تجزیه شده بود. در محدوده و مقیاس مورد مطالعه عامل ارتفاع با توجه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم خود به‌عنوان اصلی‌ترین فاکتور محیطی کنترل کننده وضعیت ماده آلی خاک تشخیص داده شد. در نهایت نتیجه شد با توجه به ارتباط بین نوع خاک، مقدار ماده آلی، توان ترسیب کربن آلی خاک و شکل‌های بقایای آلی می‌توان از شناسایی خاک‌ها و توزیع آن‌ها در مدیریت منطقه‌ای کربن آلی خاک نیز استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ارسباران، بقایای آلی، ترسیب کربن، رده خاک، نیمرخ ارتفاعی

مقدمه

ماده آلی یکی از بخش‌های مهم خاک است که شامل بقایای بافتی گیاهی و جانوری، اجزا تجزیه نشده تا جزئی تجزیه شده آنان و ریزجاندارن مرده می‌باشد (۶۱). بخش آلی خاک ضمن دارا بودن نقش‌های مثبت اکولوژیکی همچون حفظ رطوبت خاک، تأمین عناصر غذایی، حمایت فیزیکی از گیاهان، فیلتر کردن مواد سمی مصنوعی و آلاینده‌های طبیعی با تأثیر بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی، بیولوژیکی و مرفولوژیکی نقش‌های متنوعی در انواع فرآیندهای خاک‌سازی و میزان تکامل خاک دارد (۱۳ و ۳۳)؛ بنابراین ماده آلی عموماً نقشی مهم در پایداری اکوسیستم‌ها داشته و به همین دلیل بررسی جنبه‌های مختلف آن یکی از ضرورت‌ها و پایه‌های اصلی در مطالعات کیفیت خاک، چرخه کربن و تغییرات اقلیم است (۲۱، ۳۸ و ۶۰).

براساس یافته‌های ینی (۳۲) فاکتورهای خاک‌سازی منجر به شرایط محیطی متنوعی می‌شوند که مقدار، محتوا، نوع، نقش و تحولات ماده آلی خاک را تحت تأثیر خود قرار می‌دهند و در این بین توپوگرافی و پوشش گیاهی از اصلی‌ترین فاکتورهای مؤثر در تغییرات ماده آلی می‌باشند (۸، ۴۰ و ۶۳) که در این تحقیق نیز مورد توجه قرار گرفته‌اند. از جمله عوامل متعددی که تغییرات ماده آلی خاک را در کنترل دارند پوشش گیاهی و بقایای ناشی از آن است که به عنوان منبع اصلی ماده آلی خاک نقش مستقیمی در ترکیب و تحولات آن دارند (۴۳ و ۴۵)، چنانچه تحقیقات پیشین ارتباط نوع پوشش گیاهی با شاخص‌های مختلف ماده آلی خاک را نشان داده‌اند (۴۶، ۴۷ و ۶۲). اجزای توپوگرافی شامل ارتفاع، جهت و شیب از طریق تأثیر بر فرآیندهای خاک‌سازی نقش مستقیمی در مقدار و تکامل ماده آلی خاک دارند (۱۴، ۲۴ و ۵۸). همچنین توپوگرافی نقش غیرمستقیمی با

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب استادیار، استاد و دانشیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
(*- نویسنده مسئول: Email: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir)
۳- دانشیار گروه جنگلداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه
۵- دانشیار گروه سنجش از دور و GIS، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

DOI: 10.22067/jsw.v34i1.80633

کنترل توزیع مکانی پوشش گیاهی در تحولات ماده آلی در اکوسیستم‌های طبیعی دارد (۲۱). براساس مطالب فوق و تحقیقات پیشین در مورد تشکیل خاک، شرایط محیطی مختلف (فاکتورهای خاک‌سازی) منجر به تشکیل انواع خاک‌ها با محتوای مختلفی از ماده آلی می‌شوند؛ بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که مطالعه بخش آلی در انواع خاک‌ها به‌عنوان نتیجه عمل شرایط محیطی ارتباط بین خصوصیات ماده آلی خاک با شرایط محیط را نیز نشان خواهد داد.

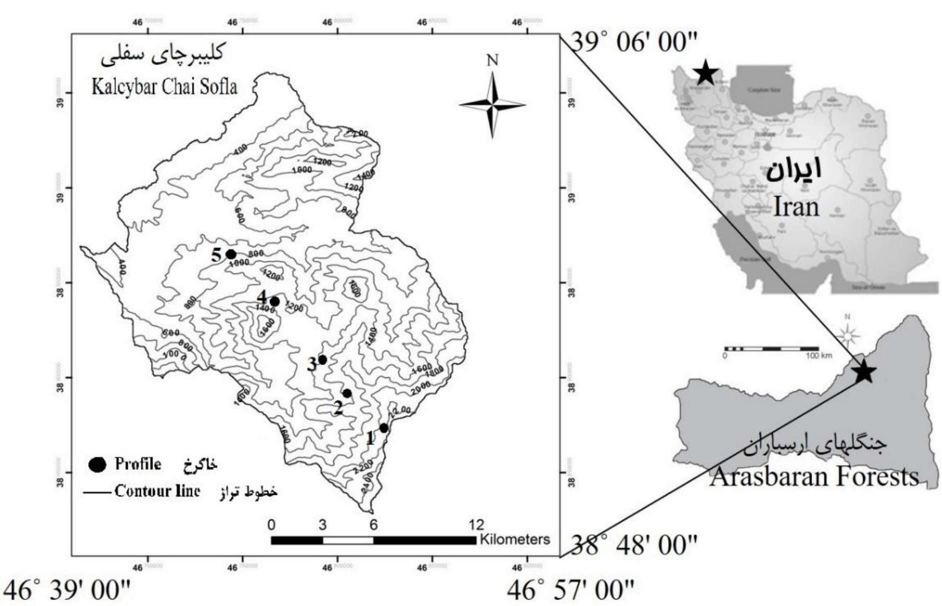
میکرومرفولوژی به‌عنوان یکی از شاخه‌های علوم خاک مکمل مطالعات پیدایش، طبقه‌بندی و مدیریت خاک (۴۸ و ۵۶) می‌تواند جهت ارزیابی بهتر وضعیت ماده آلی خاک در کنار مطالعات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی به‌کار رود که اولین گام‌ها در این خصوص در دهه ۱۹۷۰ میلادی برداشته شد (۱ و ۲). بررسی میکرومرفولوژیکی ماده آلی خاک تأثیر شرایط و فاکتورهای محیطی بر تکامل خاک را که در فرآیندهای خاک‌سازی اخیر روی داده نشان می‌دهد (۳۶). این روش با قابلیت‌های خود این امکان را می‌دهد که تمامی شکل‌های قابل رؤیت ماده آلی در خاک در هر مرحله‌ای از پیدایش و تغییر شکل مورد بررسی قرار گیرد (۴۱). هرچند تاکنون تحقیقات محدود میکرومرفولوژیک مستقیم و محض در خصوص تحولات ماده آلی خاک با استفاده از این روش صورت گرفته اما بررسی منابع بیان می کند که نمودهای مرتبط به ماده آلی یکی از اصلی‌ترین شاخص‌ها برای تشریح و تفسیر صور مختلف در بررسی میکرومرفولوژیک خاک هستند (۴، ۳۴، ۴۷ و ۶۷). لذا با توجه به ویژگی‌های منحصربه‌فرد مطالعات میکرومرفولوژیک و توجه کم به آن جهت بررسی ماده آلی خاک، این روش بایستی برای روشن شدن جنبه‌های جدیدی از تحولات ماده آلی خاک که توسط روش‌های معمول بیوشیمیایی کشف نشده بیش‌ازپیش مورد توجه قرار گیرد.

براساس نقش‌های مهم ماده آلی خاک در طبیعت، هدف اصلی این تحقیق ارزیابی مقدار ماده آلی، میزان ترسیب کربن آلی و تحولات ماده آلی خاک در بخش‌های مختلف محیطی با انواع تیپ های جنگلی در امتداد نیمرخ ارتفاعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

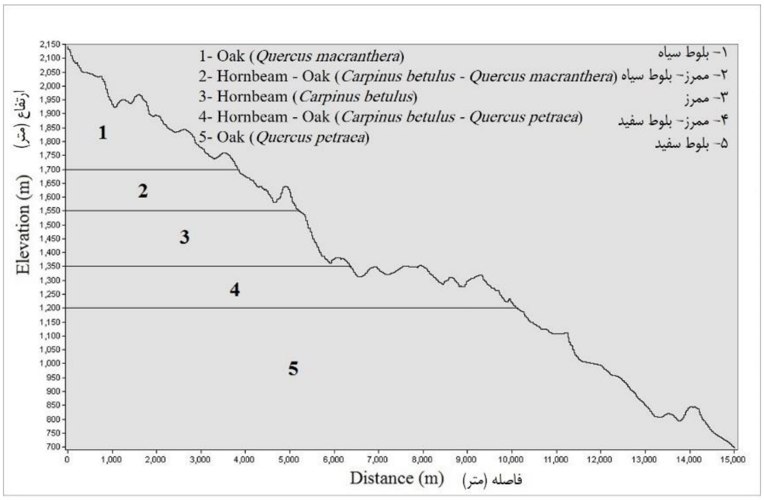
منطقه مورد مطالعه و مطالعات صحرایی

جنگل‌های ارسباران در شمال غرب ایران با دارا بودن گونه‌های گیاهی منحصربه‌فرد و شرایط اکولوژیک خاص و بکر به‌عنوان یکی از ذخیره‌گاه‌های زیست‌کره جهان شناخته شده (۵۹)، که این امر موجب انجام مطالعه حاضر در زیر حوضه کلیبرچای سفلی از جنگل‌های ارسباران شد (شکل ۱). تکامل زمین‌شناسی منطقه طی دوران سوم صورت گرفته و شامل مجموعه‌ای از سنگ‌های آذرین–رسوبی می باشد (۱۷). اقلیم منطقه با دارا بودن متوسط بارش و دمای سالیانه به ترتیب ۴۰۷/۱۳ میلی‌متر و ۱۲/۵۴ درجه سانتی‌گراد، نیم‌مرطوب معتدل بوده و رژیم رطوبتی و حرارتی خاک منطقه نیز به‌ترتیب زریک و مزیک است (۳ و ۳۰). درختان بلوط، ممرز، افرا، گردو، زغال اخته، سیاه‌تلو و انار گونه‌های چوبی معمول منطقه هستند که تحت تیپ‌ها و توده‌های اصلی درختان بلوط و ممرز طبق پراکنش ارتفاعی خاص حضور دارند.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographic position of study area



شکل ۲- الگوی جداسازی بخش‌های محیطی براساس پراکنش تیپ‌های جنگلی در امتداد نیمرخ ارتفاعی منطقه مورد مطالعه
Figure 2- Separation pattern of environmental parts based on forest types along altitudinal profile in study area

پس از عملیات جنگل گردشی اولیه و برآورد شرایط محیطی، منطقه براساس تیپ و توده‌های جنگلی که دارای توزیع ارتفاعی بودند به پنج بخش محیطی تقسیم و مطالعه در امتداد یک نیمرخ ارتفاعی صورت گرفت (شکل ۲). به‌منظور نمونه‌برداری، خاکرخ‌های شاهد در هر بخش براساس روش استاندارد حفر و تشریح شده و نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده از هر افق خاکرخ جهت انجام آزمایش‌های فیزیکی، شیمیایی و میکرومرفولوژیکی تهیه شدند (۵۰). شایان ذکر است تفسیر نتایج براساس شماره‌های پنج‌گانه بخش‌های محیطی یا شماره خاکرخ‌های شاهد معادل آن صورت گرفت.

مطالعات آزمایشگاهی و تفسیر داده‌ها

در این مرحله پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، توزیع اندازه ذرات و بافت به روش هیدرومتر، جرم مخصوص ظاهری با استفاده از استوانه‌های فلزی، شوری و اسیدیته با کاربرد Ecسنج و pHمتر، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی، ظرفیت تبادل کاتیونی به روش باور و ماده آلی خاک‌ها به روش تر سوزانی اندازه گیری شدند (۵۳).

شناسایی و رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده با استفاده از نتایج مطالعات مرفولوژیکی و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها براساس کلید رده‌بندی خاک آمریکایی (۵۴) تا سطح خانواده صورت گرفت.

میزان ترسیب کربن آلی خاک با استفاده از نتایج تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی طبق روش اورویندلک و والی (۲۲) برای هر افق با استفاده از رابطه ۱ تعیین و سپس میانگین وزنی آن براساس ضخامت افق‌ها جهت تعیین میزان ترسیب کربن آلی هر خاکرخ در بخش‌های مختلف محیطی به‌کار رفت.

رابطه ۱

میزان ترسیب کربن آلی خاک ($Ton\ ha^{-1}$)= کربن آلی خاک (٪) × جرم مخصوص ظاهری ($g\ cm^{-3}$) × عمق خاک (m) × ۱۰۰

به‌منظور تکمیل بررسی‌ها از آنجایی‌که خاک سطحی دارای حداکثر مقدار ماده آلی با انواع شکل‌ها بوده و نیز متأثرترین لایه خاک از شرایط محیطی است، تجزیه واریانس ماده آلی خاک سطحی نیز براساس طرح کاملاً تصادفی طی ۵ تکرار در شرایط مختلف محیطی با استفاده از نرم‌افزار Spss نسخه ۱۸ انجام و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن صورت گرفت.

از آنجایی‌که تشریح اجزای آلی در برش‌های نازک خاک اثر شرایط اکولوژیک محیط بر روی تجزیه بقایای آلی و تحولات ماده آلی خاک را نشان می‌دهد (۱۲ و ۵۷)، بررسی کیفی وضعیت ماده آلی خاک با استفاده از مطالعات میکرومرفولوژیک انجام شد که بدین منظور جهت تهیه برش‌های نازک، نمونه‌های خاک دست‌نخورده تهیه شده توسط جعبه‌های کوبیانا پس از هوا خشک شدن، تلقیح، سفت و سابیده شدند (۴۲). برش‌های نازک تهیه شده تحت دو نور پلاریزه ساده و متقاطع با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان بر اساس نظام واژگان استاندارد (۱۲، ۵۶ و ۵۷) تشریح و مطالعه شدند.

نتایج و بحث

خصوصیات کلی و طبقه‌بندی خاک‌های مطالعه شده

نتایج حاصل از بررسی کلی خصوصیات خاکرخ‌های شاهد مطالعه شده در پنج بخش محیطی نشان داد که افق‌های سطحی دارای رنگ تیره بوده و با افزایش عمق از تیرگی آن‌ها کاسته می‌شود. ساختمان غالب در افق‌های سطحی‌تر از نوع کروی است که در افق‌های زیرین به مکعبی و در پایین‌ترین افق به حالت فاقد ساختمان تبدیل می‌شود.

خاک‌های مطالعه شده دارای اسیدیته خنثی و وضعیت غیر شور می باشند. با کاهش ارتفاع ذرات اولیه خاک ریزتر شده و بافت آن سنگین‌تر شده است. هرچند مقادیر متفاوتی از آهک در تمام خاکرخ‌ها دیده می‌شود اما خاکرخ‌های بخش‌های کم ارتفاع دارای حداکثر مقدار آن می‌باشند. حضور حجم بالای بقایای گیاهی در اکوسیستم جنگلی موجب شده تا خاک‌های منطقه دارای مقادیر بالای کربن آلی باشند. حداکثر مقدار کربن آلی در افق‌های سطحی خاکرخ‌ها است که با افزایش عمق از مقدار آن کاسته می‌شود اما به‌دلیل توانایی‌های متفاوت انواع خاک‌های مطالعه شده در نگهداری و تجزیه مواد آلی، شیب تغییرات عمقی آن در بخش‌های مختلف متفاوت است. جرم مخصوص ظاهری و ظرفیت تبادل کاتیونی خصوصیاتی از خاک هستند که عمدتاً تحت تأثیر بافت و ماده آلی می‌باشند لذا تغییرات و توزیع مقدار آن‌ها در هر خاکرخ متأثر از دو فاکتور یاد شده است و به دلیل پیچیدگی‌های ارتباط بین فاکتورهای مذکور نمی‌توان روند خاصی را برای تغییرات این دو ویژگی از خاک بیان نمود.

جمع‌بندی مطالعات ژنتیکی خاک، در انطباق با اصل ینی (۳۲) مبنی بر تأثیرپذیری خصوصیات و تکامل خاک از شرایط محیطی، نشان داد که خاک‌های متفاوتی در بخش‌های مختلف منطقه حضور دارند که براساس شواهد ناشی از روی دادن انواع فرآیندهای خاک سازی، توپوگرافی و پوشش گیاهی را می‌توان به‌عنوان مهم‌ترین فاکتورهای محیطی دخیل در این امر دانست (جدول ۱).

براساس یافته‌های تحقیق، خاک‌های جوان در ارتفاعات حضور دارند و با کاهش ارتفاع، تکامل خاک‌ها افزایش می‌یابد. علّت چنین وضعیتی امکان روی دادن انواع فرآیندهای خاک‌سازی در شرایط مختلف محیطی است. عدم مشاهده افق مشخصه خاص در خاکرخ ۱ (بلوط سیاه) و تنها افق مشخصه کمبیک در خاکرخ ۲ (ممرز-بلوط سیاه)، روی دادن فرآیندهای خاک‌سازی ساده‌ای همچون هوادیدگی، تشکیل ساختمان و تجمع بقایای آلی در بخش‌های ۱ و ۲ را تأیید می‌کنند که منجر به تشکیل انتی‌سول و اینسپتی‌سول به‌ترتیب در بخش‌های مذکور شده‌اند. مشاهده شواهد انتقال رس و پوشش‌های ناشی از آن در خاکرخ‌های ۳ (ممرز) و ۴ (ممرز-بلوط سفید) و به‌تبع آن شناسایی افق مشخصه آرجیلیک حکایت از تشکیل آلفی‌سول‌ها در بخش‌های ۳ و ۴ دارد. همچنین مشاهده افق مشخصه کلسیک همراه با آرجیلیک در خاکرخ ۴ تکامل نسبی این خاکرخ نسبت به خاکرخ ۳ را نشان می‌دهد. شناسایی مالی‌سول‌ها در پایین‌ترین بخش از منطقه مورد مطالعه به‌واسطه رؤیت شواهد افق مشخصه‌های مالیک و آرجیلیک در خاکرخ ۵ (بلوط سفید) بیان می‌کند که در کنار فرآیندهای خاک‌سازی روی داده در بخش‌های مرتفع‌تر، تحولات ماده آلی از طریق فرآیندهایی همچون تجمع بقایای آلی، هوموسی شدن و ملانیزه شدن از اصلی‌ترین فرآیندهای دخیل در توسعه و تکامل بیشتر این خاک‌ها نسبت به سایر نواحی هستند (۱۳ و ۵۴).

بررسی وضعیت ماده آلی در خاک‌های مطالعه شده

بررسی هدف اصلی مطالعه که تحلیل وضعیت ماده آلی خاک‌های جنگلی با شرایط محیطی متفاوت بود، روندی مشابه با تنوع خاک‌ها در شرایط مختلف برای ماده آلی خاک نشان داد.

به‌دلیل اهمیت تأثیرپذیری مقدار ماده آلی خاک سطحی از شرایط محیطی، تجزیه واریانس آن در خاک سطحی بخش‌های مختلف انجام و نتایج همچون یافته‌های فلاحتکار و همکاران (۲۳) نشان‌گر مقادیر متفاوت معنی‌داری از ماده آلی در بخش‌های مختلف به‌دلیل تأثیرپذیری از شرایط محیطی بود (جدول ۲). حداکثر مقدار متوسط ماده آلی در بخش ۲ دیده شد که تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با سایر بخش‌ها داشت. هر چند بخش‌های ۱ و ۳ دارای مقادیر متفاوتی از ماده آلی در خاک سطحی بودند اما تجزیه‌های آماری اختلاف معنی‌داری در مقایسه این دو بخش در سطح احتمال یک درصد نشان نداد. مشابه همین وضعیت برای خاک سطحی بخش‌های ۴ با ۵ نیز وجود داشت اما مقایسات آماری حکایت از معنی‌دار بودن اختلاف آماری بین بخش‌های ۱ و ۳ با ۴ و ۵ داشت (شکل ۳).

در مطالعات صحرایی مشاهده شد که به‌دلایل اکولوژیکی رشد درختان با افزایش ارتفاع کاهش می‌یابد و از آنجایی‌که پوشش گیاهی منبع اصلی ماده آلی خاک است انتظار بر این بود که ماده آلی در بخش‌های فوقانی کاهش یابد (۱۰، ۱۶ و ۲۷)، امّا نتایج همچون مطالعات هانس‌والت و ویتاکر (۲۹)، ویلکه و همکاران (۶۶) و لاهوتی و همکاران (۳۷) وضعیت معکوسی را نشان داد.

جدول ۱- رده‌بندی خاک‌های بخش‌های محیطی مطالعه شده

Table 1- Soils classification of studied environmental parts

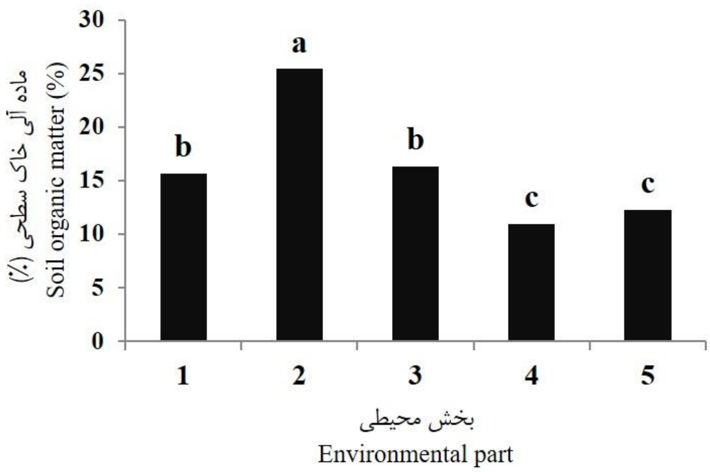
بخش محیطی Environmental parts	خاکرخ شاهد Control Profile	خانواده خاک (سیستم آمریکایی ۲۰۱۴) Soil family (S.T. 2014)
1	1	Loamy, mixed, superactive, nonasid, mesic Lithic Xerorthents.
2	2	Fine loamy, mixed, superactive, mesic Typic Haploxerepts.
3	3	Fine, mixed, active, mesic Typic Haploxeralfs.
4	4	Fine, mixed, active, mesic Calcic Haploxeralfs.
5	5	Fine, mixed, active, mesic Typic Argixerolls.

جدول ۲- تجزیه واریانس ماده آلی خاک سطحی در بخش‌های محیطی مختلف

Table 2- Variance analyses of surface soil organic matter in different environmental parts

منابع تغییر	درجه آزادی df	مجموع مربعات Sum of squares	میانگین مربعات Mean square	آزمون F F	معنی‌داری Sig.
بخش محیطی Environmental parts	4	640.97	160.24	221.2	*0.000
خطا Error	20	14.48	0.72		

* معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد ($p<0.01$).



شکل ۳- مقایسه میانگین مقدار ماده آلی خاک سطحی در بخش‌های محیطی به روش دانکن در سطح احتمال ۱٪

Figure 3- Mean comparison of surface soil organic matter (%) in environmental parts (By Dunkan's Multiple Range Test, p<0.01)

جدول ۳- میزان ترسیب کربن آلی خاک در بخش‌های محیطی

Table 3- Soil organic carbon stocks in environmental parts

بخش محیطی Environmental parts	1	2	3	4	5
میزان ترسیب کربن آلی خاک (تن بر هکتار) Soil organic carbon stocks ($t.ha^{-1}$)	64.33	89.24	101	101.3	274.8

که علّت را می‌توان در اثرگذاری شرایط محیطی به‌خصوص هر بخش بر روی تحولات ماده آلی خاک همچون کاسته شدن از سرعت فرآیندهای شیمیایی و کند شدن تجزیه میکروبی در نواحی مرتفع به دلیل سرد و مرطوب شدن ریزاقلیم دانست. با توجه به اهمیت خاک و پوشش گیاهی در محتوای ماده آلی خاک، نوع و وضعیت آن‌ها، سرعت ورود و کیفیت ماده آلی خاک را کنترل می‌کنند (۳۱ و ۵۲)، لذا حضور انواع خاک‌ها و تیپ‌های جنگلی با شرایط ویژه در بخش‌های مختلف مقادیر متفاوت ماده آلی در منطقه را توجیه می‌کنند.

بررسی میزان ترسیب کربن آلی خاک در منطقه نشان داد که بخش‌های مختلف دارای مقادیر متفاوتی از آن بوده به‌نحوی که روند افزایشی مقدار ترسیب کربن آلی خاک با کاهش ارتفاع در امتداد نیمرخ ارتفاعی منطقه دیده می‌شود (جدول ۳).

این وضعیت در مقایسه با خاک‌های تشکیل شده در بخش‌های مختلف منطقه اشاره دارد به ارتباط مقدار ترسیب کربن آلی خاک با نوع خاک به‌عنوان یکی از برآیندهای شرایط محیطی که در تحقیقات پیشین نیز بدان اشاره شده است (۱۹، ۲۸، ۶۲ و ۶۵). با توجه به افزایش مقدار ترسیب کربن آلی خاک از انتی‌سول، اینسپتی‌سول و آلفی‌سول به مال‌سول در منطقه می‌توان نتیجه گرفت که تکامل خاک، به‌ویژه تکامل‌های ناشی از فرآیندهای خاک‌سازی مرتبط با ماده آلی، منجر به افزایش مقدار ترسیب کربن آلی خاک می‌گردد چرا که در خاک‌های متکامل، تمامی افق‌های موجود محتوای ماده آلی زیادی دارند درحالی‌که در خاک‌های نابالغ تنها تجمعی از بقایای آلی عموماً در افق‌های سطحی روی داده است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت که کیفیت و تحولات ماده آلی خاک در کنار مقدار آن برای

بررسی مقدار ترسیب کربن آلی خاک بایستی مدنظر قرار گیرد. از این‌رو چنین به‌نظر می‌رسد که بین نوع خاک و میزان ترسیب کربن آلی آن و نیز بین ماده آلی خاک و تکامل خاک همبستگی بالایی وجود دارد (۵ و ۶) به‌طوری‌که خاک‌های تکامل یافته نسبت به تکامل نیافته توانایی بالایی در حفظ ماده آلی دارند (۱۴). بر این اساس ویدوجویچ و همکاران (۶۲) میزان ترسیب کربن آلی خاک را با توجه به نقشه خاک‌های صربستان تهیه و نظریات فوق را تأیید نمودند.

اگرچه نوع خاک و فرآیندهای تشکیل آن پیش‌تر به‌عنوان نتیجه و برآیند شرایط محیطی توجیه کننده مقادیر متفاوت ترسیب کربن آلی خاک در بخش‌های مختلف بود، امّا نباید نقش پوشش گیاهی، که یکی از اجزای محیط است، به‌عنوان منبع ماده آلی خاک را فراموش کرد. بقایای پوشش گیاهی با مقادیر، منبع، نوع و درجه هوادیدگی متفاوت پیامدهای مختلفی بر نوع، شکل، مقدار تجمعات و درجه تجزیه بقایای آلی در خاک دارد (۱۲، ۴۵ و ۴۷)؛ بنابراین در نتیجه‌ای مشابه با دیجوکیک و همکاران (۲۰) و گرونبرگ و همکاران (۲۸) سرنوشت متفاوتی از بقایای آلی در انواع شرایط محیطی متشکل از منشأ (نوع تیپ جنگلی) و خاک محل تحولات، دیده می‌شود.

مطالعه برش‌های نازک خاک تهیه شده از بخش‌های مختلف به موازات نتایج حاصل از بررسی‌های صحرایی و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، خواص میکرومرفولوژیکی متفاوتی برای خاک‌های توسعه یافته در نواحی مختلف نشان داد. از آنجایی‌که اکثر خصوصیات میکرومرفولوژیکی تحت تأثیر ماده آلی خاک قرار می‌گیرند و بررسی ماده آلی خاک هدف اصلی این مطالعه بود، ترکیبات آلی به دقّت تحت مطالعه میکروسکوپی قرار گرفتند. مشاهدات بیان کردند که شکل‌های مختلفی از بقایای آلی در هر بخش بسته به شرایط محیطی غالب هستند.

در مطالعه برش‌های نازک خاک تمامی بخش‌های محیطی، بقایای سالم اندام‌های گیاهی از قبیل برگ، ریشه، ساقه، پوست و غیره مشاهده شدند به‌نحوی‌که نسبت آن‌ها به انواع تجزیه شده با افزایش عمق در هر بخش کاهش می‌یافت (شکل ۴- الف، ب، پ، ت، ث، ج). رؤیت این نمودهای سالم از بقایای آلی دلالت بر تخریب فیزیکی و مکانیکی بقایای آلی دارد که منجر به تجمع مقدار زیادی از آن‌ها تحت عنوان قطعات آلی و شکل‌های فیبری شده است (۲۵ و ۳۹). مقایسه نسبی میزان نوع سالم بقایای آلی با تجزیه شده در بخش‌های مختلف نشان داد که بخش‌های ۱ و ۲ دارای بقایای دست‌نخورده و سالم بیشتری نسبت به سایر بخش‌ها بوده و نمودهای بارز میکرومرفولوژیک چندانی که حاصل تحولات بقایای آلی باشد علی‌رغم مقدار بالای ماده آلی در این بخش‌ها دیده نمی‌شود. بر این اساس نتیجه می‌شود که به‌موازات محدودیت‌های تکامل خاک، تخریب مکانیکی فرآیند غالب تجزیه در بخش‌های مرتفع بوده و قطعات آلی فرم غالب ماده آلی خاک در این بخش‌ها هستند. چنین به‌نظر می‌رسد که شرایط اقلیمی سخت و توسعه‌یافتگی کم خاک در بخش‌های مرتفع (۱ و ۲) محدودکننده‌ترین فاکتورها در تجزیه بقایای آلی در این بخش‌ها می‌باشند. مشاهده الگوی پراکنش ارتباطی پورفیریک همراه با درجه هوادیدگی کم قطعات سنگی در برش‌های نازک خاک مربوط به این بخش‌ها، ضمن تأیید عدم مخلوط شدن مناسب قطعات آلی با بخش معدنی خاک در مقایسه با شکل‌های فاسد شده بقایای آلی، تأیید کننده شرایط محیطی نامناسب برای تحولات بخش آلی خاک است (۴۴). از سویی مشاهده نمودهای مرتبط با فضولات جانوری[1] و فرآیندهای شیمیایی هر چند به مقدار جزئی در برش‌های نازک خاک بخش ۲ حکایت از بهبود نسبی شرایط تحول ماده آلی بخش ۲ نسبت به ۱، هر چند به‌مقدار جزئی، همچون تکامل خاک دارد؛ بنابراین با توجه به شرایط موجود در بخش‌های ۱ و ۲ انتظار بر این است که مقدار ماده آلی خاک در بخش ۲ نسبت به ۱ در نتیجه تجزیه و تحولات بیشتر بقایای آلی کمتر باشد، لیکن نتایج تجزیه‌های شیمیایی و مقایسه آماری مقدار ماده آلی بخش‌های مختلف که پیش‌تر بحث شد در تناقض با این امر است. این شرایط استثنا می‌تواند توسط اثر نوع تیپ جنگل بر تکامل و تحول ماده آلی خاک تفسیر شود. هر چند چنین به‌نظر می‌رسد در بخش ۲ شرایط محیطی برای تجزیه بقایای آلی نسبت به بخش ۱ قدری مناسب‌تر است امّا تیپ جنگلی آمیخته با تراکم و تنوع بیشتر منجر به ریزش مقدار زیاد بقایای آلی با منشأ متفاوت شده که نیاز به تنوع زیادی از فرآیندهای شیمیایی و فعالیت‌های بیولوژیکی تجزیه‌گر در مقایسه با تیپ خالص بخش ۱ دارد که این شرایط در این بخش مهیا نیست (۱۸، ۴۹، ۵۱ و ۶۴). مشاهده بقایای آلی با درجه تجزیه متوسط در شکل‌های مختلف بیان می‌کند که در بخش‌های محیطی مربوط به این نمودها در کنار تخریب مکانیکی فرآیندهای تجزیه شیمیایی و بیولوژیکی نیز روی داده است (شکل ۴- چ، ح، خ، د، ذ). جهش بزرگ در تغییر میزان بقایای آلی از سالم به متوسط تجزیه شده در مشاهدات میکروسکوپی بخش ۳ دلالت بر شروع جدی تجزیه بیوشیمیایی بقایای آلی از این بخش دارد که شواهد پوشش‌های آلی ناشی از تجزیه ریشه‌های مرده و نیز بقایای جانوران خاکزی در کانال‌ها مؤید این امر می‌باشند (۷ و ۹). مشاهده الگوی پراکنش ارتباطی انولیک و چیتونیک در برش‌های نازک خاک بخش ۳ نیز بیان‌گر وجود شرایط مساعد برای تجزیه بقایای آلی و روی دادن انواع فرآیندهای تجزیه می‌باشد (۵۵). به‌طورکلی مشاهده همه شکل‌های بقایای آلی با فراوانی نسبتاً یکسان در بخش ۳ بیان‌گر سرعت متوسط تجزیه بقایای آلی در آن است.

فرم غالب ترکیبات آلی در بخش‌های کم ارتفاع (۴ و ۵) انواع مختلفی از بقایای خوب تجزیه شده از قبیل بقایای آلی ریز بی‌شکل[2]، منقوطه‌ها و رنگدانه آلی است که مقادیر و شکل‌های متفاوتی با بخش‌های محیطی مرتفع نشان می‌دهد (شکل ۴- ر، ز). هر چند

1- Excrement pedofeatures
2- Amorphous organic fine material

بخش‌های ۳ و ۴ دارای رده خاک یکسانی هستند امّا شرایط ماده آلی در این دو بخش متفاوت است. با وجود تیپ جنگلی آمیخته متراکم در بخش ۴، از غیبت افق O و حضور افق A در سطح خاک، چنین استنباط می‌شود که سرعت تجزیه بقایای آلی در این بخش بیش از بخش‌های مرتفع‌تر است. مطالعه برش‌های نازک خاک بخش ۴ کاهش نمودهای خاک‌ساختی مرتبط با آبشویی و تجمع رس را به عنوان فرآیند اصلی خاک‌ساز این بخش نشان داد، درحالی‌که نمودهای خاک‌ساختی مرتبط با بخش آلی در آن افزایش یافته‌اند. این شواهد نشان از روی دادن فرآیندهای هوموسی شدن، ملانیزه شدن و معدنی شدن با شدت مناسب به‌واسطه شرایط بهینه محیطی برای روی دادن انواع فرآیندهای تجزیه بقایای آلی در کنار فرآیندهای روی داده در بخش‌های مرتفع دارد؛ بنابراین نتیجه می‌شود در این بخش سرعت تجزیه بقایای آلی بیش از میزان ورودی آن است. به‌علاوه شناسایی شکل‌های تجزیه شده بقایای آلی همچون مواد ریز بی‌شکل، پوشش‌های آلی و ساپریک همراه با حالت‌های انولیک و چیتونیک به عنوان الگوی پراکنش ارتباطی غالب و حفراتی به‌شکل غالب کانال، وگ و منافذ بسته شرایط بهینه تجزیه بقایای آلی در این بخش نسبت به بخش‌های مرتفع‌تر را تأیید می‌کنند (۲۵ و ۵۵). همچنین مشاهدات میکروسکوپی نمودهای فضولات جانوری سالم و کهنه بیشتر در بخش ۴ نسبت به بخش‌های مرتفع‌تر بیان‌گر شرایط محیطی مناسب از قبیل رطوبت، دما و منبع غذایی برای زیست توده میکروبی و فعالیت جانداران خاکزی است که منجر به بالا رفتن شدّت فرآیندهای بیولوژیک مرتبط با تحولات ماده آلی و مشاهده شکل‌های کاملاً تجزیه شده بقایای آلی در این بخش شده است (۱۱، ۱۵ و ۳۵).

تشریح برش‌های نازک خاک پایین‌ترین بخش منطقه غالبیت خصوصیات میکرومرفولوژیک خاک‌های مالی‌سول از جمله ریزساختار خوب توسعه یافته، بی‌فابریک تفکیک نشده و الگوی پراکنش ارتباطی انولیک و چیتونیک را نشان می‌دهد که همه شواهد مذکور حاصل حضور مواد آلی خوب تجزیه شده و آمیخته شدن آن‌ها با مواد خاک معدنی است (۱۶). مقایسه میزان و کیفیت شواهد بقایای آلی در بخش‌های ۴ و ۵، علی‌رغم وجود فرآیندهای مشترک تجزیه بقایای آلی در این بخش‌ها، شدّت بالای آن‌ها در بخش ۵ را نشان می‌دهد. همچنین مقدار بالا و کیفیت تازه نمودهای فضولات جانوری علاوه بر اشاره به جمعیت بالای ارگانیسم‌های خاک در این بخش، نشان از تنوع بالای آنها دارد که این امر خود در تجزیه و تحول بقایای آلی نقش مثبت دارد؛ بنابراین با توجه به موارد ذکر شده بهترین شرایط محیطی برای حداکثر سرعت تجزیه و تحولات بقایای آلی در بخش ۵ در کل منطقه دیده می‌شود.

جانداران خاکزی عموماً در جاهایی حضور می‌یابند که تجمع مواد آلی اتفاق می‌افتد و نمودهای فضولات جانوری[1] مرتبط‌ترین مورد به حضور آن‌ها می‌باشند که شکل‌های تازه و تجزیه شده این نمودها با مقادیر متفاوت در برش‌های نازک خاک بخش‌های محیطی مختلف به‌واسطه حضور بقایای آلی دیده می‌شود (شکل ۴- ژ، س، ش). این نمودها خود می‌توانند در تشریح وضعیت ماده آلی خاک در شرایط محیطی مختلف به کار روند که در مواردی در بحث‌های پیش‌تر مورد استفاده قرار گرفتند، لیکن در بررسی کلی آن‌ها مشخص شد که مقدارشان در تمامی خاکرخ‌ها با افزایش عمق کاهش می‌یابند. همچنین مقایسه بخش‌های محیطی مختلف در این خصوص بیان‌گر روند افزایشی نمودهای فضولات جانوری از بخش‌های مرتفع به نواحی کم ارتفاع است و این تغییرات در تطابق با تغییرات نسبت بین انواع سالم و کهنه بقایای آلی در بخش‌های مختلف است و اشاره به نقش جانداران خاکزی در تجزیه بقایای آلی طی فرآیندهای بیولوژیکی دارد.

نتیجه‌گیری

در محدوده و مقیاس مورد مطالعه، ارتفاع به‌عنوان یکی از عوامل اصلی کنترل کننده شرایط محیطی با اثر بر ریزاقلیم ناشی از توپوگرافی و پیامدهای آن بر توزیع تیپ‌های جنگلی، فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک موجبات به وجود آمدن بخش های محیطی متنوعی را فراهم نموده که در آن‌ها بقایای آلی سرنوشت متفاوتی دارند.

بهبود شرایط محیطی با کاهش ارتفاع، به‌دلیل افزایش تنوع و سرعت فرآیندهای خاک‌سازی، منجر به توسعه و تکامل خاک و به موازات آن تحولات بیشتر ماده آلی خاک شده است. مقدار ماده آلی خاک، توان ترسیب کربن آلی آن و شکل‌های بقایای آلی متنوع در شرایط محیطی مختلف بیان‌گر تأثیر شرایط محیطی بر توزیع بخش آلی خاک است که در این بین با توجه به هم‌خوانی تنوع خاک با وضعیت ماده آلی آن در بخش‌های مختلف، نوع خاک به‌عنوان برآیند اثر فاکتورهای محیطی می‌تواند یک راهنمای مناسب برای تحلیل وضعیت بخش آلی خاک‌های نواحی مختلف باشد؛ بنابراین توصیه بر استفاده از نقشه خاک برای مدیریت ماده آلی خاک در نواحی مشابه است که نقشه ماده آلی آن تهیه نشده است.

1- Excrement pedofeatures



شکل ٤- تصاویر میکروسکوپی از ماده آلی در بخش‌های محیطی مختلف: الف- بقایای آلی سالم پوست (افق A خاکرخ ۱، نور PPL)، ب- بقایای دست‌نخورده از هیف‌های قارچی (افق Bw1 خاکرخ ۲، نور PPL)، پ- بقایای آلی سالم بافت برگ (افق A خاکرخ ۲، نور PPL)، ت- بقایای آلی سالم ساقه (افق A1 خاکرخ ۳، نور PPL)، ث- بقایای آلی سالم سوزنچه‌ها (افق A1 خاکرخ ٤، نور XPL)، ج- بقایای آلی سالم ریشه (افق Bt2 خاکرخ ۵، نور PPL) چ- بقایای آلی متوسط تجزیه شده همراه با نمودهای فضولات جانوری (افق A خاکرخ ۲، نور PPL) ح- مقطع عرضی هوادیده بخش درونی قطعه آلی (افق A1 خاکرخ ۳، نور PPL)، خ-بقایای متوسط تجزیه شده برگ‌ها (افق A1 خاکرخ ٤، نور PPL) د- بقایای متوسط تجزیه شده توسط ارگانیسم‌های خاکزی و نمودهای فضولات جانوری ناشی از آن‌ها (افق A2 خاکرخ ۳، نور PPL)، ذ- بافت متوسط تجزیه شده (افق A2 خاکرخ ٤، نور PPL)، ر- رنگدانه آلی (افق A2 خاکرخ ٤، نور PPL)، ز- ماده آلی خوب تجزیه شده (افق Bt1 خاکرخ ۵، نور PPL)، ژ- نمودهای فضولات جانوری (افق A خاکرخ ۳، نور PPL)، س- نمودهای فضولات جانوری (افق A2 خاکرخ ٤، نور PPL)، ش- نمودهای فضولات جانوری تازه (افق A خاکرخ ۵، نور PPL)

Figure 4- Thin section micrographs of soil organic matter in different environmental parts; A- whole organ residues of bark (P1-A by PPL), B- intact mass of interlaced hypha (P2-Bw1 by PPL), C- intact tissue residues of leaves (P2-A by PPL), D- whole organ residues of stem (P3-A1 by PPL), E- whole organ residues of needles (P4-A1 by XPL), F- whole organ residues of root (P5-Bt2 by PPL), G- moderate decomposed residues with black excrement (P2-A by PPL) H- cross section of inner alteration of organ fragment (P3-A1 by PPL), I- moderate decomposed leaves (P4-A1 by PPL), J- moderate decomposed organ by organisms activity and their excrement (P3-A2 by PPL), K- moderate decomposed tissue (P4-A2 by PPL), L- black organic pigment (P4-A2 by PPL), M- well decomposed organic matter (P5-Bt1 by PPL), N- excrement pedofeature (P3-A by PPL), O- excrement pedofeatur (P4-A2 by PPL), P- fresh excrement pedofeature (P5-A by PPL)

منابع

1- Babel U. 1975. Micromorphology in soil organic matter. p. 369-473. In J.E. Gieseking (ed.) Soil Components, 1: Organic Components. Springer, New York.
2- Bal L. 1973. Micromorphological Analysis of Soils: Lower Levels in the Organization of Organic Soil Materials. Soil survey paper, Soil Survey Institute, Wageningen.
3- Banaei M.H. 1998. Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute, Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian)
4- Bardy M., Fritsch E., Derenne S., Allard T., do Nascimento N.R., and Bueno G.T. 2008. Micromorphology and spectroscopic characteristics of organic matter in waterlogged podzols of the upper Amazon basin. Geoderma 145(3-4): 222-230.
5- Batz N., Verrecchia E.P., and Lane S.N. 2015. Organic matter processing and soil evolution in a braided river system. Catena 126: 86-97.
6- Belic M., Manojlovic M., Nesic L., Cric V., Vasin J., Benka P., and Seremesic S. 2013. Pedo-ecological significance of soil organic carbon stock in south-eastern Pannonian basin. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 8(1): 171-178.
7- Binet F., and Curmi P. 1992. Structural effects of Lumbricus terrestris (Oligochaeta: Lumbricidae) on the soil-organic matter system: Micromorphological observations and autoradiographs. Soil Biology and Biochemistry 24: 1519-1523.
8- Binkley D., and Fisher R.F. 2013. Ecology and Management of Forest Soil. John Wiley and Sons, New York.
9- Blazejewski G.A., Stolt M.H., Gold A.J., and Groffman P.M. 2005. Macro-and micromorphology of subsurface carbon in riparian zone soils. Soil Science Society of America Journal 69: 1320-1329.
10- Bot A., and Benites J. 2005. The importance of soil organic matter (Key to drought-resistant soil and sustained food and production). FAO soils bulletin 80. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome.
11- Brussaard L. 1994. Interrelationships between biological activities, soil properties and soil management. p. 309-329. In I. Szabolcs and D.J. Greenland, (ed.) Soil Resilience and Sustainable Land Use. CABI, London, UK.
12- Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G., and Tursina T. 1985. Handbook for Thin Section Description. Waine Research, England.
13- Buol S.W., Southard R.J., Graham R.C., and McDaniel P.A. 2011. Soil Genesis and Classification. Wiley, Oxford, UK.
14- Catoni M., D'Amico M.E., Zanini E., and Bonifacio E. 2016. Effect of pedogenic processes and formation factors on organic matter stabilization in alpine forest soils. Geoderma 263(1): 151-160.
15- Chernikov V.A. 2000. Soil Biotic Complex as a Basis of Rangeland Ecosystems. Koloc, Moscow.
16- Coomes D.A., and Allen R.B. 2007. Effects of size, competition and altitude on tree growth. Journal of Ecology 95: 1084-1097.
17- Darvishzadeh A. 1991. Geology of Iran. Amir Kabir, Tehran. (In Persian)
18- De Deyn G.B., Cornelissen J.H.C., and Bardgett R.D. 2008. Plant functional traits and soil carbon sequestration in contrasting biomes. Ecology Letters 11: 516-531.
19- Dinca L.C., Sparchez Gh., Dinca M., and Blujdea V.N.B. 2012. Organic carbon concentrations and stocks in Romanian mineral forest soils. Annals of Forest Research 55(2): 229-241.
20- Djukic I., Zehetner, F., Tatzber, M., and Gerzabek M.H. 2010. Soil organic-matter stocks and characteristics along an Alpine elevation gradient. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 173: 30-38.
21- Drewnik M. 2006. The effect of environmental conditions on the decomposition rate of cellulose in mountain soils. Geoderma 132: 116-130.
22- Evrendilek F., and Wali M.K. 2001. Modeling long-term C dynamics in croplands in the context of climate change: a case study from Ohio. Environmental Modelling and Software 16(4): 361-75.
23- Falahatkar S., Hosseini S.M., Ayoubi Sh., and Salman Mahiny A. 2013. The impact of primary terrain attributes and land cover/use on soil organic carbon density in a region of northern Iran. Journal of Water and Soil 27(5): 963-972. (In Persian with English abstract)
24- Fernandez-Romero M.L., Lozano-Garcia B., and Parras-Alcantara L. 2014. Topography and land-use change effects on the soil organic carbon stock of forest soils in Mediterranean natural areas. Agriculture, Ecosystems and Environment 195(1): 1-9.
25- Fox C.A. 1985. Micromorphological characterization of Histosols. p. 85-104. In L.A. Douglas et al. (ed.) Soil Micromorphology and Soil Classification. SSSA, Madison, WI.
26- Gerasimova M., and Lebedeva-Verba M. 2010. Topsoils-Mollic, Takyric and Yermic Horizons. p. 351-368. In G. Stoops et al. (ed.) Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier’s Science and Technology, Oxford, UK.
27- Grieve I.C., Proctor J., and Cousins S.A. 1990. Soil variation with altitude on Volcan Barva, Costa Rica. Catena 17: 525-534.

28- Gruneberg E., Ziche D., and Wellbrock N. 2014. Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. Global Change Biology 20: 2644-2662.
29- Hanswalt R.B., and Whittaker R.H. 1976. Altitudinally coordinated patterns of soils and vegetation in the San Jacinto Mountains, California. Soil Science 121(2): 114- 124.
30- IRIMO. 2016. Country Climate Analysis. In: Islamic Republic of Iran Meteorological Organization, Tabriz center. Data sheet.
31- Jastrow J.D., and Miller R.M. 1997. Soil aggregate stabili-zation and carbon sequestration: Feedbacks through organomineral associations. p. 207-223. In R. Lal, et al. (ed) Soil Processes and the Carbon Ccycle. CRC Press, Boca Raton, Florida.
32- Jenny H. 2011. Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology. Dover, New York.
33- Jones A., Montanarella L., and Jones R. 2005. Soil Atlas of Europe. European Commission, Institute for Environment and Sustainability.
34- Kodesova R., Kodes V., Zigovam A., and Simunek J. 2006. Impact of plants roots and soil organisms on soil micromorphology and hydraulic properties. Biologia 19: 339-343.
35- Kooistra M.J., and Pulleman M.M. 2010. Features related to faunal activity. p. 397-417. In G. Stoops et al. (ed.) Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier's Science and Technology, Oxford, UK.
36- Kovda I., Morab C.I., and Wilding L.P. 2006. Stable isotope compositions of pedogenic carbonates and soil organic matter in a temperate climate Vertisol with gilgai, southern Russia. Geoderma 136(1-2): 423-435.
37- Lahooti P., Emadi S.M., Bahmanyar M.A., and Ghajar Sepanlou M. 2019. Soil organic carbon mapping by geostatistics and artificial neural network methods (Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province). Journal of Water and Soil 32(6): 1135-1148. (In Persian with English abstract)
38- Lal R. 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. Science 304: 1623-1627.
39- Levesque M.P., and Dinel H, 1982. Some morphological and chemical aspects of peats applied to the characterization of Histosols. Soil Science 133: 324-332.
40- Longbottom T.L., Townsend-Smalla A., Owena L.A., and Muraria M.K. 2014. Climatic and topographic controls on soil organic matter storage and dynamics in the Indian Himalaya: Potential carbon cycle–climate change feedbacks. Catena 119: 125-135.
41- Mourik J.V., and Blok S. 2008. Physical fraction and cryo-coube analysis of mormoder humus. p. 199-210. In S. Kapur, A. Mermut, and G. Stoops (eds). New Trends in Soil Micromorphology. Springer, Berlin.
42- Murphy C.P. 1986. Thin Section Preparation of Soils and Sediments. A and B Academic, Berkhamsted.
43- Nierop K.G.J., Lagen B.V., and Buurman P. 2001. Composition of plant tissues and soil organic matter in the first stages of a vegetation succession. Geoderma 100(1-2): 1-24.
44- Osman Kh.T. 2013. Forest Soils: Properties and Management. Springer Science and Business Media, Switzerland.
45- Quideau S.A., Chadwick O.A., Benesi A., Graham R.C., and Anderson M.A. 2001. Adirect link between forest vegetation type and soil organic matter composition. Geoderma 104(1-2) :41-60.
46- Rahimi Ashjerdi M.R., and Ayoubi Sh. 2013. Impacts of land-use change and slope positions on some soil properties and magnetic susceptibility in Ferydunshahr district, Isfahan province. Journal of Water and Soil 27(5): 882-895 (in Persian with English abstract).
47- Rezaei H., Jafarzadeh A.A., Aliasgharzad N., and Alipoor L. 2015. Soil quality investigation based on biological and micromorphological traits under different land uses. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 10(1): 241-254.
48- Ringrose-Voase A.J., and Humphreys G.S. 1994. Soil Micromorphology: Studies in Management and Genesis. Elsevier Science, New York.
49- Scheu S., Albers D., Alphei J., Buryn R., Klages U., Migge S., Platner C., and Salamon J.A. 2003. The soil fauna community in pure and mixed stands of beech and spruce of different age: trophic structure and structuring forces. Oikos 101(2): 225-238.
50- Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Benham E.C., and Soil Survey Staff. 2012. Field Book for Describing and Sampling Soils. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.
51- Schua K., Wende S., Wagner S., and Feger K.H. 2015. Soil chemical and microbial properties in a mixed stand of spruce and birch in the Ore Mountains (Germany), A case study. Forests 6: 1949-1965.
52- Shang S., Jiang P., Chang S.X., Song Z., Liu J., and Sun L. 2014. Soil organic carbon in particle size and density fractionations under four forest vegetation-land use types in subtropical China. Forests 5: 1391-1408.
53- Soil and Water Research Institute. 2008. Laboratory Analysis Instructions of Water and Soil Samples. No. 467. Ministry of Agriculture, Iran. (In Persian)
54- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy (12th.). United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, DC.
55- Stolt M.H., and Lindbo D.L. 2010. Soil organic matter. p. 369-396. In G. Stoops et al. (ed.) Interpretation of

Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier’s Science and Technology, Oxford, UK.
56- Stoops G. 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolit Thin Section. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
57- Stoops G., Marcelino V., and Mees F. 2010. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier’s Science and Technology, Oxford, UK.
58- Sun W., Zhu H., and Guo Sh. 2015. Soil organic carbon as a function of land use and topography on the Loess Plateau of China. Ecological Engineering 83: 249-257.
59- UNESCO. 1977. Arasbaran wildlife refuge and protected area is recognized as part of the international network of biosphere reserves. Available at http: //www.unesco.org/ new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/asia-and-the-pacific/islamic-republic-of-iran/arasbaran. (Visited 15 March 2015).
60- United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS). 1996. Soil Quality Information Sheet, Soil Quality Indicators: Organic matter. Natural Resources Conservation Service.
61- United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS). 2006. Soils Fundamental Concepts. Natural Resources Conservation Service.
62- Vidojevic D., Manojlovic M., Dordevic A., Nesic L., and Dimic B. 2015. Organic carbon stocks in the soils of Serbia. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 10(4): 75-83.
63- Wagai R., Mayer L.M., Kitayama K., and Knicker H. 2008. Climate and parent material controls on organic matter storage in surface soils: A three-pool, density-separation approach. Geoderma 147: 23-33.
64- Wang Q.K., and Wang S.L. 2007. Soil organic matter under different forest types in Southern China. Geoderma 142: 349-356.
65- Wiesmeier M., Sporlein P., Geuss U., Hangen E., Haug S., Reischl A., Schilling B., Lutzow M., and Kogel-Knabner I. 2012. Soil organic carbon stocks in southeast Germany (Bavaria) as affected by land use, soil type and sampling depth. Global Change Biology 18: 2233-2245.
66- Wilcke W., Oelmann Y., Schmitt A., Valarezo C., Zech W., and Homeier J. 2008. Soil properties and tree growth along an altitudinal transect in Ecuadorian tropical montane forest. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 171: 220-230.
67- Wilson C.A., Cloy J.M., Graham M.C., and Hamlet L.E. 2013. A microanalytical study of iron, aluminum and organic matter relationships in soils with contrasting hydrological regimes. Geoderma 202–203: 71-81.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 1, March-April 2020, p. 115-127

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۹، ص. ۱۲۷-۱۱۵

Soil Organic Matter Condition in Forest Stands of Arasbaran

H. Rezaei[1*]- A.A. Jafarzadeh[2]- A. Alijanpour[3]- F. Shahbazi[4]- Kh. Valizadeh Kamran[5]
Received: 10-06-2019
Accepted: 27-11-2019

Introduction: According to important ecological roles of soil organic matter in stabilizing ecosystems, it is essential to consider soil organic carbon condition for managements of worldwide problems such as soil quality, carbon cycle and climate change. Also, organic matter is one of the main component of soil which have vital impress on its evolution. Therefore, assessing soil organic matter fate in various environmental conditions and its relation with environmental factors will be useful for management decisions. Determining soil organic carbon content, stocks and forms by the physico-chemical and micromorphological studies may respond to the question about soil organic matter evolution from the different point of views. Based on mentioned reasons, our research work focused on soil organic matter content, stocks and forms under various environmental condition of the forest ecosystem to find new aspects of its relation with environmental factors.

Material and Methods: This research work was carried out in Arasbaran forest, northwest of Iran, which recognized as a part of the international network of biosphere reserves and has unique species of plants with special ecological properties. Sampling was carried out in a Kaleybar Chai Sofla sub-basin as a part of Arasbaran forest with eastern longitude of 46º 39´ to 46º 52´ and northern latitude of 38º 52´ to 39º 04´. Based on the Amberje climate classification, the climate of the region is semi-humid and moderate. The soil moisture and temperature regimes are Xeric and Mesic, respectively. Hornbeam (*Carpinus betulus*) and Oak (*Quercus petraea* and *Quercus macranthera*) were identified as the main woody species in this area and volcano-sedimentary rocks were the geological structure. Primary site surveying showed 5 forest stand types such as Oak (*Quercus macranthera*), Hornbeam-Oak (*Carpinus betulus-Quercus macranthera*), Hornbeam (*Carpinus betulus*), Hornbeam-Oak (*Carpinus betulus-Quercus petraea*), Oak (*Quercus petraea*) along altitudinal transects, that used as environmental parts with different conditions. In each environmental part, a soil profile was described and sampling was done for physical, chemical and micromorphological analysis. After preparing soil samples in the laboratory, soil physico-chemical routine analyses were carried out by standard methods and then the studied soils were classified on the basis of 12th edition of soil taxonomy. To achieve the main aim of the study, various aspects of soil organic matter evolution were assessed. Soil organic matter content was determined according to the Walkley–Black wet oxidation method and using alteration factor f = 1.724 recommended by USDA. Variance analysis and means compare of soil organic matter content in surface horizons of different environmental parts were performed by using the SPSS software package and Dunkan's multiple range test, respectively. Soil organic carbon stocks were calculated for each soil horizon and weighted average based on profile depth was used to calculate this index for each soil profile. The prepared thin section for micromorphological study was examined under both plane-polarized light (PPL) and cross-polarized light (XPL) using a polarized microscope and explained based on standard terminology to identify various forms of soil organic matter all over the study area.

Results and Discussion: Results revealed increasing of soil evolution with decreasing of elevation. *Entisols*, *Inceptisols*, *Alfisols* and *Mollisols* with different families were the soil observed along altitudinal transects by decreasing elevation. According to the obtained results, environmental effects caused different soil organic matter content and evolution with various soil organic carbon stocks in each part. Improvement of environmental condition by decreasing elevation resulted in more evolution of soil organic matter, dominant of decomposed forms of organic matter and rise of soil organic carbon stocks from the highest part to the lowest one. Soil

1, 2 and 4- Assistant Professor, Professor and Associate Professor, Soil Science and Engineering Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: hosseinrezaei@tabrizu.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Forestry, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Urmia University, Urmia, Iran
5- Associate Professor, Remote Sensing and GIS Department, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i1.80633

organic matter content in soil surface increased by elevation, although the main source of soil organic matter have better condition in lower parts due to ecological reasons. This inverse statue can be explained by special environmental conditions causing limited organic remnants decomposition in the highest parts. In the same trend with soil evolution, soil organic carbon stocks increased by decreasing of elevation. This trend refers to the relation of mentioned index ability with various soil-forming processes. Micromorphological study showed that organic intact remnants were the dominant forms in upper parts which changed to well-decomposed forms in the lowest parts. This observation revealed the occurrence of mechanical decomposition processes of organic remnants in high elevation while biochemical ones happen in the lower parts. Also, this distribution of soil organic matter decomposition processes can explain soil organic carbon content and stocks all over the study area.

Conclusion: Elevation was identified as an important environmental factor controlling soil organic matter in the studied scale. Generally, results confirm the same trend for soil organic matter evolution and soil organic carbon stocks with soil development, especially in pedogenesis processes in relation to organic matter. Thus, it can be recommended to use soil map for management of soil organic matter under various environmental conditions in large-scale studies.

Keywords: Altitudinal transect, Arasbaran, Carbon stock, Organic remnants, Soil order